

Wind turbine hub has pendulum frames on common rotor shaft, each carrying two opposing rotor blades and designed so that they can perform pendulum motions independently of each other

Publication number: DE10019214

Publication date: 2001-10-31

Inventor: FUEST MICHAEL (DE)

Applicant: FUEST MICHAEL (DE)

Classification:

- international: B63H13/00; F03D1/06; B63H13/00; F03D1/00; (IPC1-7): F03D1/06; F03D11/00

- European: B63H13/00; F03D1/06C2

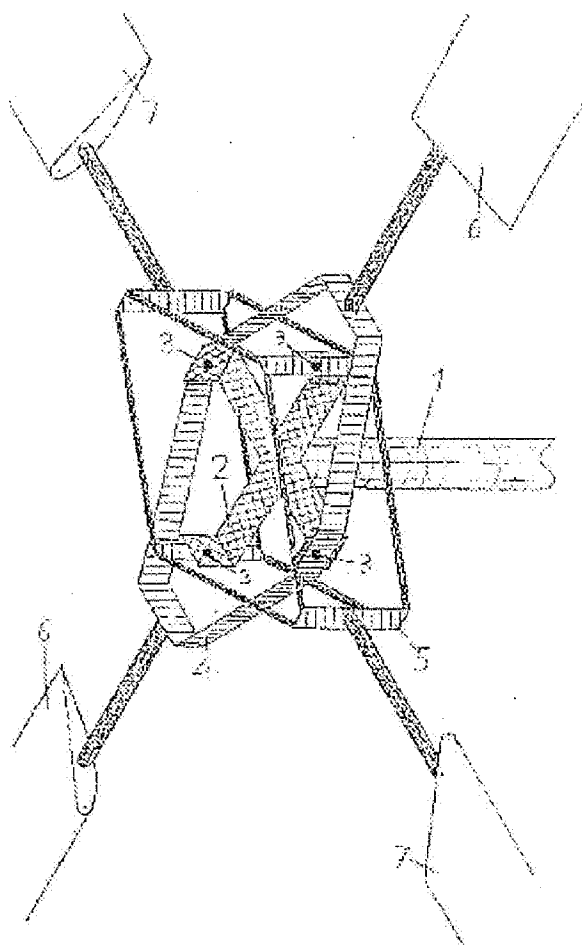
Application number: DE20001019214 20000418

Priority number(s): DE20001019214 20000418

[Report a data error here](#)

Abstract of DE10019214

The device has a two or three pendulum frames (4,5) on a common rotor shaft (1), each carrying two opposing rotor blades (6,7) and designed so that they can perform pendulum motions independently of each other. The axes of all pendulum joints are in a common plane perpendicular to the axis of the rotor shaft. Additional aerodynamic damping is achieved by inclining the joint axes relative to the rotor blade longitudinal axes.





①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 19 214 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 03 D 1/06
F 03 D 11/00

②1 Aktenzeichen: 100 19 214.9
②2 Anmeldetag: 18. 4. 2000
④3 Offenlegungstag: 31. 10. 2001

DE 100 19 214 A 1

⑦1 Anmelder:
Fuest, Michael, 33098 Paderborn, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 41 38 795 A1
DE 40 34 453 A1
DE 36 28 626 A1
US 56 16 963
EP 01 65 894 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

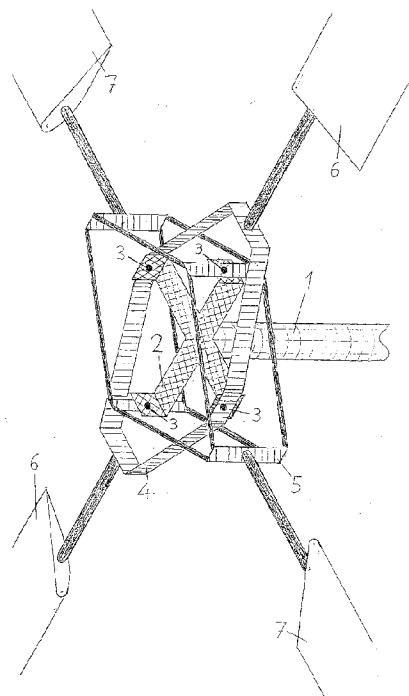
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥4 Windradnabe

⑤7 Bei Windrädern mit starrer Nabe, die Wasserfahrzeuge antreiben, treten Kreiselkräfte auf, wenn das Fahrzeug z. B. durch Seegang in Rotationsbewegungen versetzt wird. Ein Zweiblattrotor mit einer Pendelnabe, welche die Kreiselkräfte wesentlich verringert und damit eine Gewichtsersparnis an der Struktur ermöglicht, hat bei einer bei Gegenwindfahrt vorteilhaften kleinen Schnellaufzahl jedoch einen niedrigen Leistungswert, weil die Anzahl der Rotorblätter niedrig ist. Die neue Nabe ermöglicht die Anordnung mehrerer Rotorblattpaare mit Pendelrahmen auf einer gemeinsamen Rotorwelle.

An der Rotorwelle (1) ist ein Träger (2) befestigt, woran sich die Pendellager (3) befinden, welche einen inneren Pendelrahmen (4) und einen äußeren Pendelrahmen (5) tragen. Am inneren Pendelrahmen (4) sind die 2 sich gegenüberliegenden Rotorblätter (6) befestigt und am äußeren Pendelrahmen (5) sind die 2 sich gegenüberliegenden Rotorblätter (7) befestigt. Beide Pendelrahmen und die jeweils mit ihnen verbundenen Rotorblätter können ihre Pendelbewegungen unabhängig voneinander ausführen.

Windradantrieb von Wasserfahrzeugen.



DE 100 19 214 A 1

[0001] Die nachfolgend beschriebene Windradnabe eignet sich besonders für Windräder, die zum Antrieb von Wasserfahrzeugen benutzt werden. Aus diesem Grund wird zunächst auf die technischen Besonderheiten eines windradgetriebenen Wasserfahrzeugs und die insbesondere bei der Fahrt gegen den Wind auftretenden Schwierigkeiten eingegangen.

[0002] Die deutlichsten Vorteile eines Wasserfahrzeugs mit Windradantrieb gegenüber einem Segelboot sind folgende:

1. Ein windradgetriebenes Wasserfahrzeug kann bei richtiger Auslegung des Antriebs gerade gegen den Wind fahren. [1] Es ermöglicht z. B. das Befahren enger Kanäle gegen den Wind.
2. Bei Verwendung eines Windrades mit verstellbaren Rotorblättern läßt sich das Windrad schnell und bequem auf veränderte Wind- und Betriebsverhältnisse einstellen [1].

[0003] Beim gegenwärtigen Stand der Technik werden zum Antrieb von Wasserfahrzeugen Windräder eingesetzt, die denen von stationären Windkraftanlagen ähneln: Ein Rotor mit starrer Nabe und meistens 3 Blättern, deren Einstellwinkel sich während des Laufs verändern läßt. Wenn die Achse eines solchen Rotors während des Laufs relativ zum Raum gedreht wird, treten Kreiselkräfte auf die über Nabe, Rotorwelle, Lager und Mast auf das Fahrzeug einwirken. Es ist bekannt, daß beispielsweise eine Drehbewegung um die Hochachse des Fahrzeugs ein Drehmoment um die Querachse des Fahrzeugs verursacht, wenn die Welle des laufenden Rotors parallel zur Längsachse des Fahrzeugs ausgerichtet ist. [2] Des weiteren sind dann durch Seegang verursachte Bewegungen um die Querachse des Fahrzeugs (Stampfen) stets mit einem Drehmoment um die Hochachse des Fahrzeugs gekoppelt. Unter diesen Bedingungen werden insbesondere die Rotorblätter außerordentlichen Biegebeanspruchungen durch die Kreiselkräfte ausgesetzt. Ferner ist zu berücksichtigen, daß Nabe, Rotorwelle, Lager und Mast diese Kräfte auf das Fahrzeug übertragen sollen, ohne sich dabei merklich zu verformen. Diese Forderung nach erhöhter Festigkeit steht der im Fahrzeugbau üblichen Forderung nach geringem Gewicht entgegen. Durch das hohe Gewicht von Windrad und Mast werden Fahrleistung und Kentsicherheit des Wasserfahrzeugs beeinträchtigt.

[0004] Es wäre also vorteilhaft, auf Wasserfahrzeugen einen Rotor einzusetzen, welcher möglichst geringe Kreiselkräfte auf das Fahrzeug überträgt, wodurch sich Gewichtseinsparungen an Windrad und Mast erreichen ließen und auch die durch die Kreiselkräfte verursachten Fahrzeugbewegungen verringert würden.

[0005] Grundsätzlich bietet ein Zweiblattrotor mit Pendelnabe diese Möglichkeit. Bei stationären Windkraftanlagen hat das Pendelgelenk eines solchen Zweiblattrotors die Aufgabe, asymmetrische Belastungen von der Struktur weitgehend fernzuhalten. Dabei hat solch ein Zweiblattrotor noch eine Eigenschaft, und zwar ist bei stationären Windkraftanlagen bei Gierbewegungen der Maschinengondel das wirksame Massenträgheitsmoment erheblich kleiner, als das eines gleich schweren Dreiblattrotors. [3] Der laufende Zweiblattrotor mit Pendelnabe hat nämlich das Bestreben, die Drehebene seines Rotors senkrecht zur Achse der Rotorwelle auszurichten, wobei eventuell auftretende Kreiselkräfte zum größten Teil an die umströmende Luft übertragen werden.

[0006] Diese Eigenschaft ermöglicht die oben genannte

Gewichtseinsparung und das Verringern der durch Kreiselkräfte verursachten Fahrzeugbewegungen.

[0007] Während des Betriebs folgt die Drehebene eines Zweiblattrotors mit Pendelnabe den Drehbewegungen des Fahrzeugs mit einer gewissen Verzögerung, d. h. die Rotorblätter führen dabei Pendelbewegungen um die Achse des Pendelgelenks aus. Diese Pendelbewegungen, die auch durch ungleichmäßige Anströmverhältnisse verursacht werden, können durch Blattwinkelrücksteuerung über ein Blattverstellgestänge und/oder eine geeignete Schrägstellung der Pendelachse in Bezug auf die Längsachse der Rotorblätter (δ3-Kopplung) gedämpft werden. Diese Prinzipien der aerodynamischen Dämpfung sind bereits von stationären Zweiblattanlagen her bekannt. [4] Beim Einsatz auf einen Wasserfahrzeug bewirkt eine solche Dämpfung, daß die Rotordrehbewegungen des Fahrzeugs schneller und genauer folgt, d. h. die Pendelbewegungen der Rotorblätter bleiben während des Betriebs innerhalb zumutbarer Grenzen.

[0008] Um ein bei Gegenwindfahrt möglichst günstiges Verhältnis vom antreibenden Schiffsschraubenschub zum bremsenden Windrotorschub zu erhalten, läßt man das Windrad mit geringer Schnellaufzahl arbeiten. [5] In diesem Betriebszustand läuft beispielsweise ein Zweiblattrotor mit Schnellaufzahlen um 5, das ist etwa die Hälfte des bei stationären Zweiblattanlagen üblichen. Ein Zweiblattrotor, der so langsam läuft, hat einen geringen Leistungsbeiwert, auch wenn die Verwindung der Rotorblätter an geringe Schnellaufzahlen angepaßt ist. Durch Verbreiterung der Rotorblätter läßt sich zwar der Leistungsbeiwert eines solchen Rotors steigern, allerdings steigt dann auch wegen kleinerer Blattstreckung der induzierte Widerstand an und die Gleitzahl der Rotorblätter nimmt ab, was eine Verringerung des Wirkungsgrads des gesamten Antriebs zur Folge hat. Hinsichtlich des Wirkungsgrads ist es vorteilhafter, die gesamte Blattfläche des Rotors anstatt auf 2 breite Rotorblätter mit geringer Gleitzahl auf 4 oder gar 6 schlanke Rotorblätter mit hoher Gleitzahl zu verteilen. Der Nachteil eines gewöhnlichen Vier- oder Sechsbilattrotors mit liegt jedoch darin, daß seine starre Nabe die Kreiselkräfte überträgt.

[0009] Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einem Rotor mit 4 oder 6 Blättern ein Verhalten zu geben, welches in Bezug auf die Kreiselkräfte dem eines Zweiblattrotors mit Pendelnabe ähnelt wodurch eine Gewichtseinsparnis und eine damit einhergehende Steigerung der Fahrleistung ermöglicht wird.

[0010] Ein Vierblattrotor mit schlanken Blättern und Pendelnabe hat bei niedriger Schnellaufzahl einen guten Leistungsbeiwert bei vergleichsweise geringem Rotorschub und überträgt nur geringe Kreiselkräfte auf die Struktur. Dabei ist es aus Gründen des Wirkungsgrads und der Laufruhe vorteilhaft, wenn alle 4 Rotorblätter unter möglichst ähnlichen Verhältnissen angeströmt werden. Ein solcher Rotor läßt sich realisieren, indem man gewissermaßen die Pendelrahmen von 2 Zweiblattrotoren rechtwinklig ineinander verschachtelt, wobei die Pendelrahmen so gestaltet sind, daß sie ihre jeweiligen Pendelbewegungen unabhängig voneinander ausführen können und sich die Achsen aller Pendellager in einer gemeinsamen Ebene befinden, welche senkrecht zur Achse der Rotorwelle liegt.

[0011] Fig. 1 zeigt das Schema einer solchen Pendelnabe, die 4 Rotorblätter trägt. Am vorderen Ende der Rotorwelle (1) ist ein kreuzförmiger Träger (2) befestigt, woran sich die Pendellager (3) befinden. Die Pendellager tragen einen inneren Pendelrahmen (4) und einen äußeren Pendelrahmen (5). Am inneren Pendelrahmen (4) sind die zwei sich gegenüberliegenden Rotorblätter (6) befestigt, und am äußeren Pendelrahmen (5) sind die zwei sich gegenüberliegenden Rotor-

blätter (7) befestigt. Beide Pendelrahmen und die jeweils mit ihnen verbundenen Rotorblätter können ihre Pendelbewegungen unabhängig voneinander ausführen.

[0012] In Fig. 2 wurden mehrere bekannte Elemente aus der Technik des Zweiblattrotors mit Pendelnabe auf einen Vierblattrotor mit Pendelnabe übertragen. Fig. 2 zeigt in der Draufsicht aus axialer Richtung eine entgegen dem Uhrzeigersinn drehende Nabe mit Blattverstellmechanismus. An dem Träger (2) sind die Pendellager (3) befestigt, welche den inneren Pendelrahmen (4) und den äußeren Pendelrahmen (5) tragen. An den Pendelrahmen wiederum sind die Rotorblattlager (8) für die um ihre Längsachse drehbaren Rotorblätter (6), (7) befestigt. Vor dem äußeren Pendelrahmen befindet sich ein vierarmiger Lenkerstern (9), der am vorderen Ende einer Schubstange befestigt ist. Die Schubstange ist in einer in der Rotorwelle befindlichen Bohrung verschiebbar gelagert und wird auf die von gewöhnlichen Windrädern her bekannte übliche Weise betätigt. (Der Lenkerstern wurde teilweise gestrichelt gezeichnet, um die Sicht auf die ineinander verschachtelten Pendelrahmen nicht unnötig zu erschweren.) Der Lenkerstern ist über mit Gelenken versehenen Verstellstangen (10) mit den Anlenkzapfen der Rotorblätter gekoppelt. Entsprechend einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Patentanspruch 2 stehen die Längsachsen der Rotorblätter in diesem Beispiel nicht senkrecht zu den Achsen ihrer zugehörigen Pendelgelenke, weit die aus der Technik des Zweiblattrotors bekannte Blattwinkelrücksteuerung mit einer Schrägstellung der Pendelachse (δ3-Kopplung) auf diesen Vierblattrotor übertragen wurde. Da die Dämpfung der Pendelbewegungen durch die reine δ3-Kopplung u. U. in schwerem Seegang nicht ausreicht, wurde der Blattverstellmechanismus so gezeichnet, daß eine zusätzliche Blattwinkelrücksteuerung über das Blattverstellgestänge erfolgt. Für das Befahren von Binnengewässern mit geringer Wellenhöhe reicht dagegen die reine δ3-Kopplung aus, wodurch der Verschleiß der Rotorblattlager verringert wird. Dies läßt sich durch eine Verlängerung der Anlenkzapfen bis zu den Punkten (11) und ein entsprechendes Verdrehen des Lenkersterns erreichen.

[0013] Fig. 3 zeigt das Prinzip einer Nabe mit 2 gleich herzustellenden Pendelrahmen. Hier ist an der Rotorwelle (1) ein Trägerkörper (2) mit quadratischem Querschnitt befestigt. An den 4 Seiten des Trägerkörpers (2) befinden sich die Pendellager (3), in denen ein vorderer Pendelrahmen (4) und ein hinterer Pendelrahmen (5) gelagert sind. Zur Herstellung der Balance müssen diese Pendelrahmen mit Zusatzgewichten (6) versehen werden.

[0014] Fig. 4 zeigt eine Pendelnabe mit 3 Pendelrahmen, die insgesamt 6 Rotorblätter tragen. An der Rotorwelle (1) ist ein Trägerkörper (2) mit dem Querschnitt eines gleichseitigen Sechsecks befestigt. An den 6 Seiten des Trägerkörpers befinden sich die Pendellager (3), in denen ein vorderer Pendelrahmen (4), ein mittlerer Pendelrahmen (5) und ein hinterer Pendelrahmen (6) gelagert sind. Zur Herstellung der Balance müssen der vordere und der hintere Pendelrahmen mit Zusatzgewichten (7) versehen werden. Anstatt der Zusatzgewichte lassen sich auch geeignete Verstrebungen anbringen, die jeweils den vorderen und hinteren Pendelrahmen wirksam versteifen. Ein solcher Pendelrahmen hätte dann eine ähnliche Gestalt wie der äußere Pendelrahmen in Fig. 1.

[0015] Mit einem Sechsbblattrotor lassen sich schlankere Rotorblätter bei geringerer Schnellaufzahl als mit einem Vierblattrotor einsetzen, d. h. der Wirkungsgrad des Antriebs ist bei Gegenwindfahrt noch höher als bei einem Vierblattrotor.

[0016] Diese Erfindung hat den Zweck, die Leistungsfähigkeit des eigentlich seit bereits geraumer Zeit bekannten

Windradantriebs für Wasserfahrzeuge zu verbessern.

Fundstellen

- [1] Bose, N.: no tilting at these windmills Australian Boating/November 1985, Seite 66-67.
- [2] Bose, N. and McGregor, R. C.: The Wind Turbine Driven Boat-Construction, Performance and Control, Seite 5, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Glasgow, 1983.
- [3] Molly, J. P.: Windenergie in Theorie und Praxis, Seite 101, Karlsruhe: Verlag C. F. Müller 1990, 2. Aufl.
- [4] Hau, B.: Windkraftanlagen, Seiten 181-182, Seiten 234-238, Berlin - Heidelberg: Springer-Verlag 1988.
- [5] Bose, N. and McGregor, R. C.: The Wind Turbine Driven Boat-Construction, Performance and Control, Seite 4, Seite 8 Fig. 3, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Glasgow, 1983.

Patentansprüche

1. Windradnabe, **dadurch gekennzeichnet**, daß an einer gemeinsamen Rotorwelle 2 oder 3 Pendelrahmen, welche je zwei gegenüberliegende Rotorblätter tragen, gelagert sind, wobei die Pendelrahmen so gestaltet sind, daß sie ihre jeweiligen Pendelbewegungen unabhängig voneinander ausführen können und sich die Achsen aller Pendelgelenke in einer gemeinsamen Ebene befinden, welche senkrecht zur Achse der Rotorwelle liegt.
2. Windradnabe nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine geeignete Schrägstellung der Achsen aller Pendelgelenke in Bezug auf die Längsachsen der jeweils zugehörigen Rotorblattpaare eine zusätzliche aerodynamische Dämpfung der Pendelbewegungen während des Laufs erfolgt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

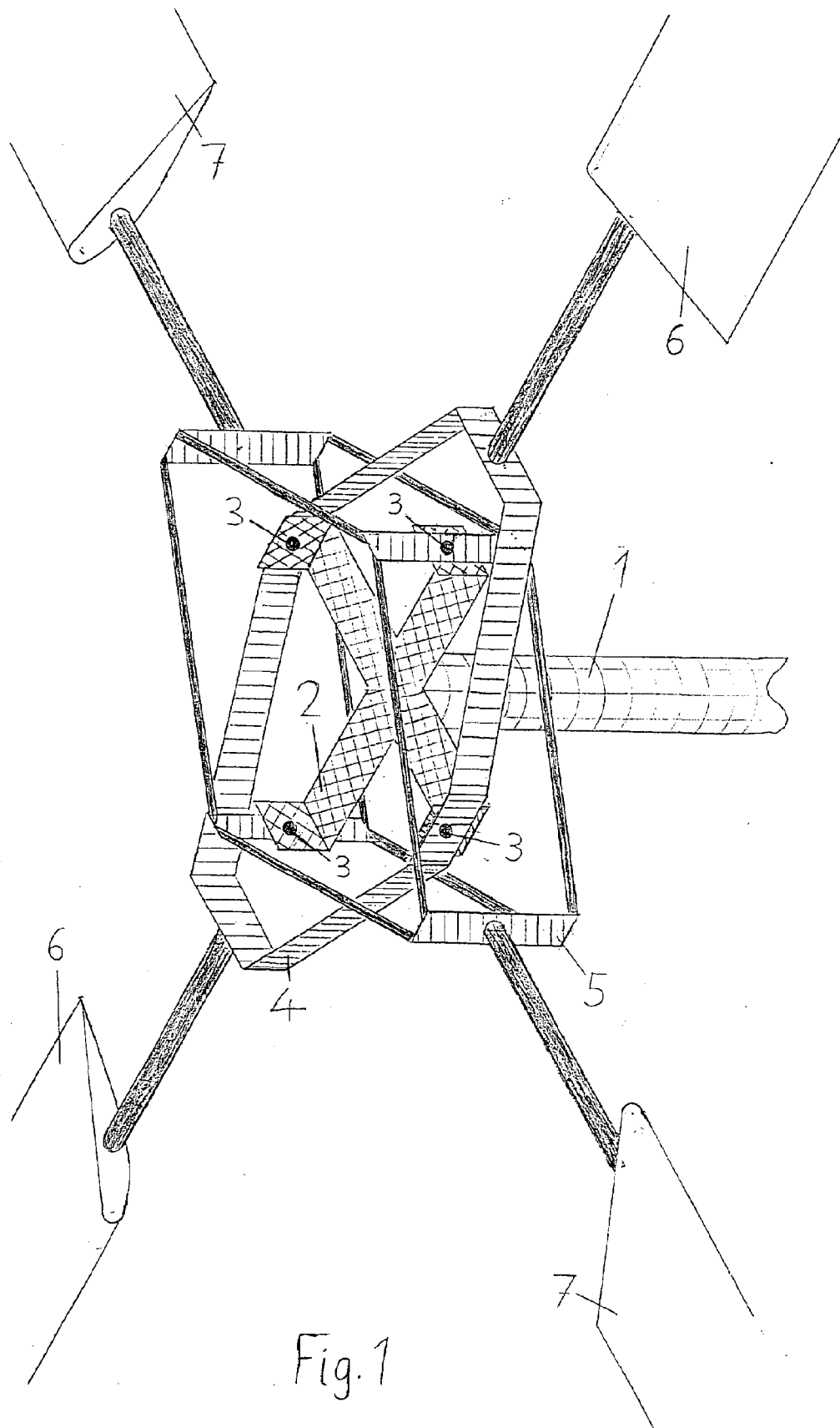
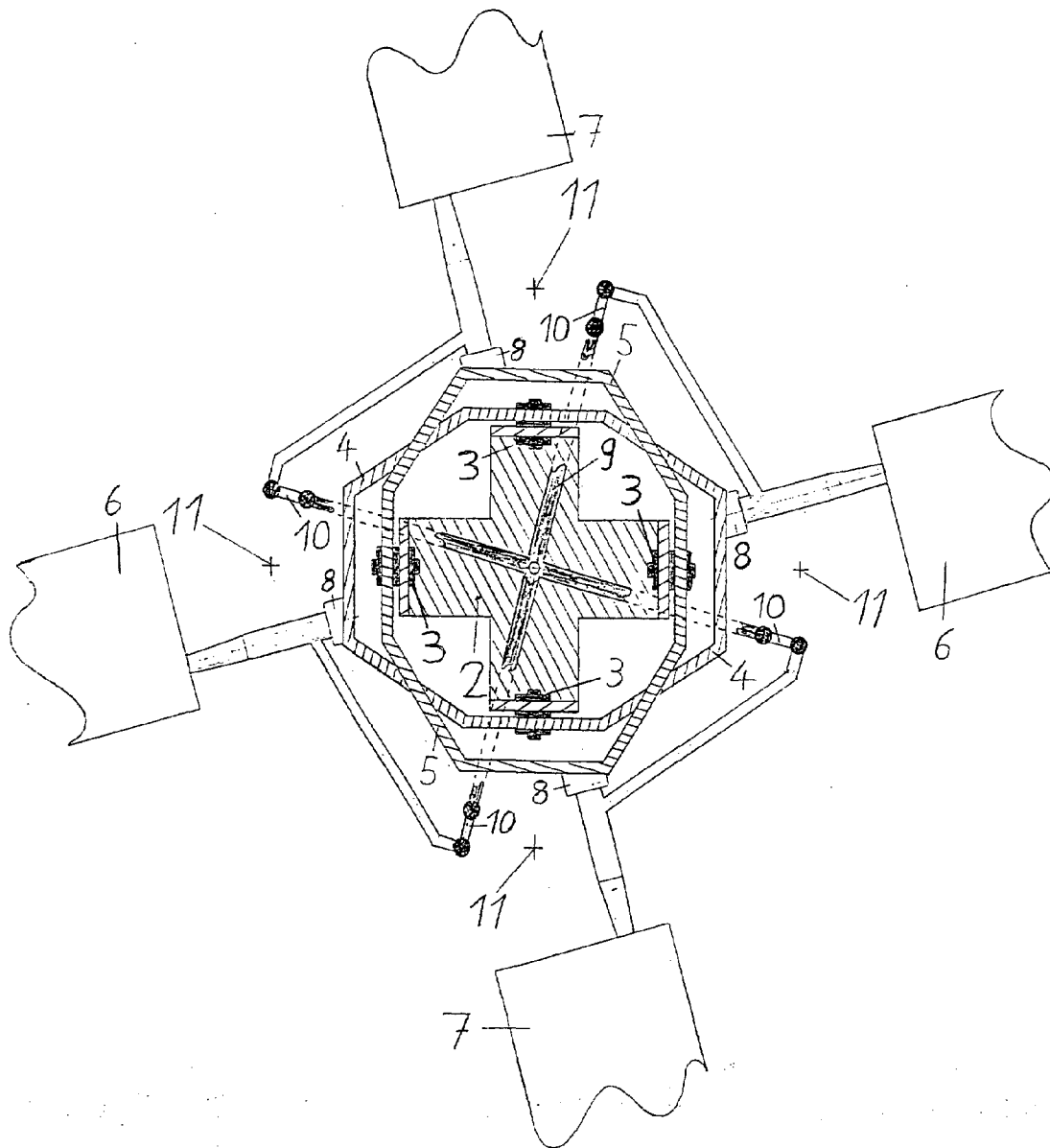
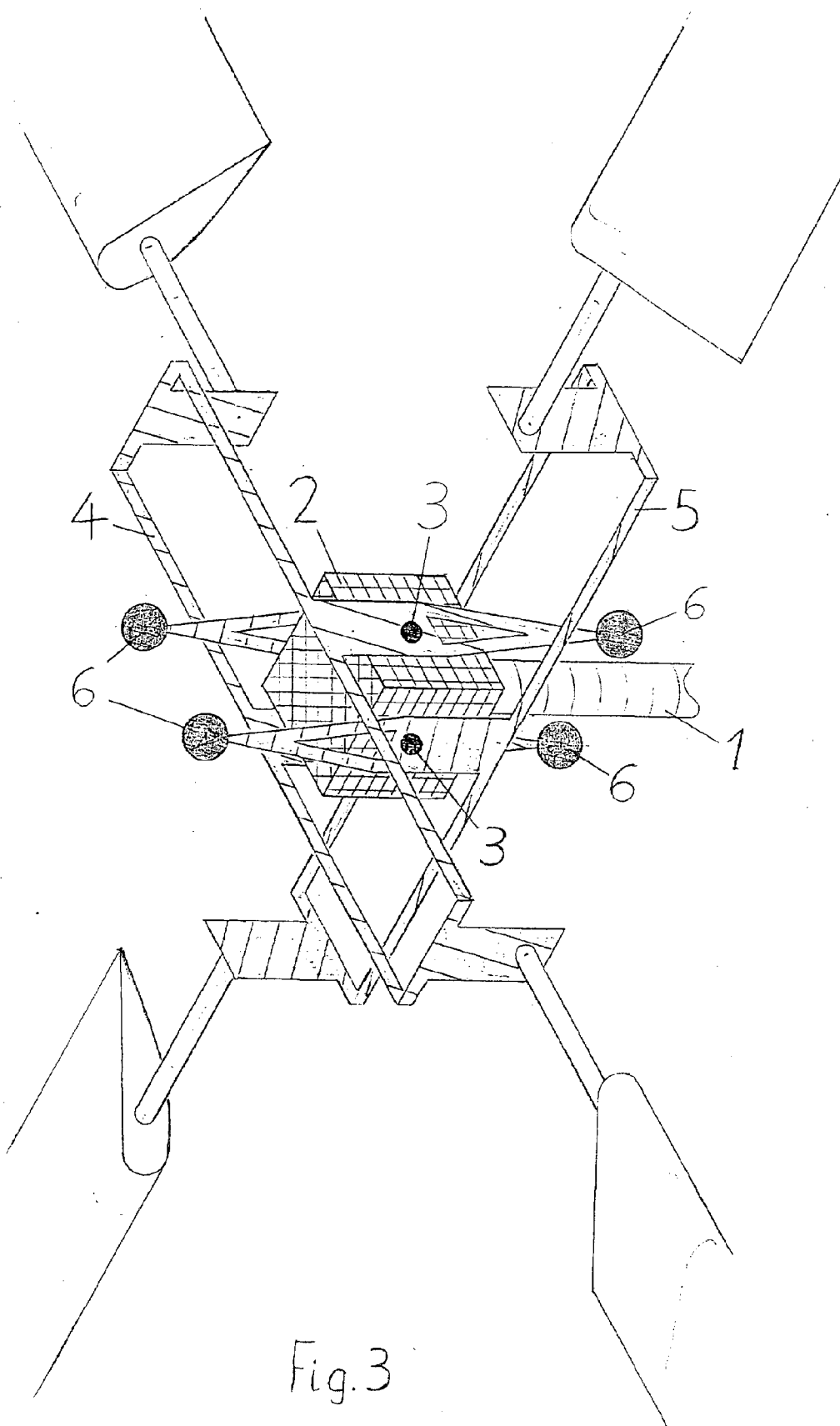


Fig. 1

Fig. 2





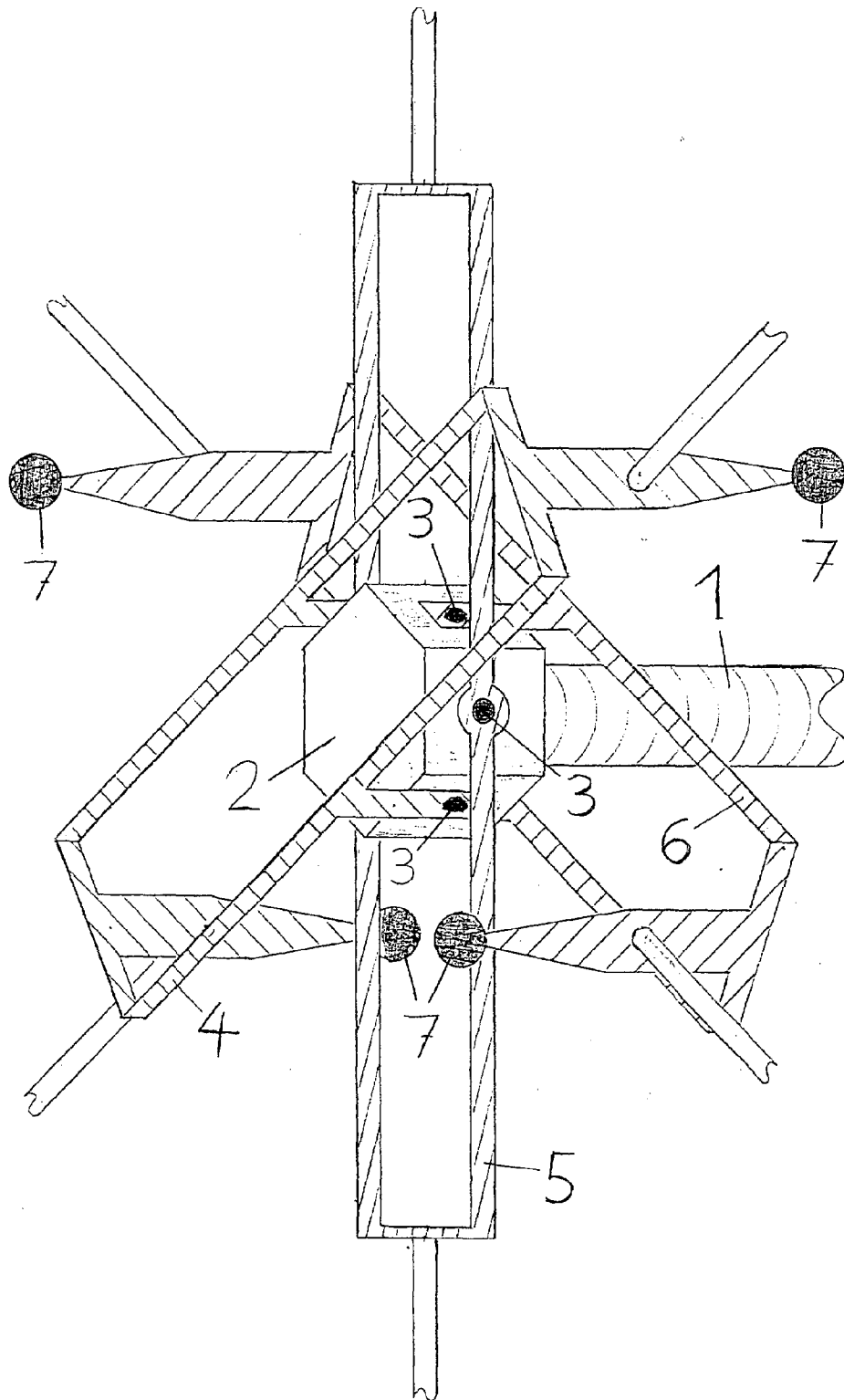


Fig. 4